

4-3.

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **05206016 A**(43) Date of publication of application: **13.08.93**

(51) Int. Cl.

H01L 21/027(21) Application number: **04011429**(22) Date of filing: **24.01.92**(71) Applicant: **FUJITSU LTD**(72) Inventor: **TAKAHASHI YASUSHI
YASUDA HIROSHI****(54) CHARGED PARTICLE BEAM EXPOSURE
METHOD AND EXPOSURE EQUIPMENT**

(57) Abstract:

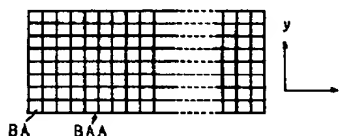
PURPOSE: To provide a technique capable of correcting proximity effect in the exposure technique for exposing a pattern on a target plane by independently ON/OFF controlling a plurality of charged particle beams.

CONSTITUTION: Each has many openings being ON/OFF controllable and arranged near a blanking aperture array and a blanking aperture array in which many openings are arranged so as to permit the irradiation of any arbitrary point on a target plane with a plurality of charged particle beams when moved in a predetermined direction. Moreover, this is a charge particle beam exposure method using a charged particle beam exposure equipment having a considerably larger opening area than each of many other openings and auxiliary exposure openings (GEA) having no ON/OFF control function by themselves, and an auxiliary exposure process is included, which performs the exposure with the intensity weaker than the real exposure by making the focus fuzzy in the region where the intensity of scattered charge particles is low in

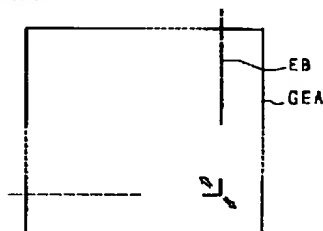
real exposures.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(A) 実露光



(B) 補助露光



(C)

フォーカス



4-3

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-206016

(43)公開日 平成5年(1993)8月13日

(51)IntCl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H01L 21/027		8831-4M	H01L 21/30	341 B
		8831-4M		341 F

審査請求 未請求 請求項の数7(全16頁)

(21)出願番号 特願平4-11429

(22)出願日 平成4年(1992)1月24日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 高橋 靖

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者 安田 洋

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

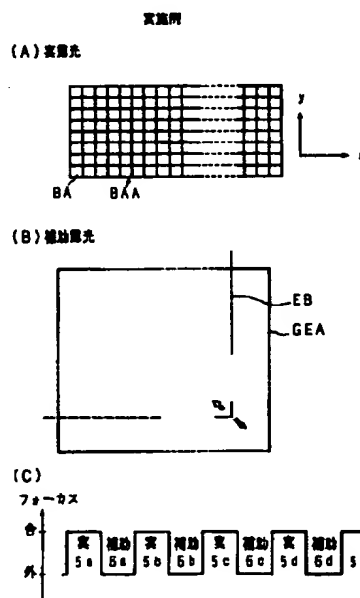
(74)代理人 弁理士 高橋 敬四郎

(54)【発明の名称】 荷電粒子ビーム露光方法と露光装置

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 複数の荷電粒子ビームを独立にオン/オフ制御して対象面上にパターンを露光する露光技術において、近接効果を補正することのできる技術を提供する。

【構成】 各々がオン/オフ制御可能な多数の開口部を有し、所定方向に移動させた時、対象面上の任意の点を複数回荷電粒子ビームで照射できるように前記多数の開口部が配置されたブランキングアパーチャアレイ(BAA)と、前記ブランキングアパーチャアレイ(BAA)近傍に配置され、前記多数の開口部の各々より著しく大きい開口面積を有し、それ自身はオン/オフ制御機能を有さない補助露光用開口部(GEA)とを有する荷電粒子ビーム露光装置を用いる荷電粒子ビーム露光方法であって、実露光における散乱荷電粒子強度の低い領域に実露光より強度の弱い露光を焦点をぼかした状態で行なう補助露光工程とを含む。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 各々がオン／オフ制御可能な多数の開口部を有し、所定方向に移動させた時、対象面上の任意の点を複数回荷電粒子ビームで照射できるように前記多数の開口部が配置されたブランキングアパーチャアレ

(BAA)と、前記ブランキングアパーチャアレイ(BAA)近傍に配置され、前記多数の開口部の各々より著しく大きい開口面積を有し、それ自身はオン／オフ制御機能を有さない補助露光用開口部(GEA)とを有する荷電粒子ビーム露光装置を用いる荷電粒子ビーム露光方法であって、

露光情報にしたがって、ブランキングアパーチャアレイの多数の開口部を独立にオン／オフ制御して対象面上に荷電粒子ビームを照射して所望パターンの露光を行なう実露光工程と、

補助露光用開口部を用いて単一の荷電粒子ビームを整形し、前記実露光における散乱荷電粒子強度の低い領域に実露光より強度の弱い露光を焦点をぼかした状態で行なう補助露光工程とを含む荷電粒子ビーム露光方法。

【請求項2】 前記補助露光工程は、所定断面形状の荷電粒子ビームを補助露光用開口部の開口面積の任意の位置に照射することによって単一の荷電粒子ビームを整形することを含む請求項1記載の荷電粒子ビーム露光方法。

【請求項3】 前記補助露光工程は、予め定められた露光量で、かつリフォーカスコイルに流れる電流をビームをぼかす状態に設定して行なわれる請求項1ないし2記載の荷電粒子ビーム露光方法。

【請求項4】 前記実露光工程と前記補助露光工程とは予め決められた露光単位面積毎に交互に行なわれる請求項1～3のいずれかに記載の荷電粒子ビーム露光方法。

【請求項5】 各々がオン／オフ制御可能な多数の開口部を有し、所定方向に移動させた時、対象面上の任意の点を複数回荷電粒子ビームで照射できるように前記多数の開口部が配置されたブランキングアパーチャアレ

(BAA)と、前記ブランキングアパーチャアレイ(BAA)近傍に配置され、前記多数の開口部の各々より著しく大きい開口面積を有し、それ自身はオン／オフ制御機能を有さない補助露光用開口部(GEA)とを有する荷電粒子ビーム露光装置。

【請求項6】 前記ブランキングアパーチャアレイと前記補助露光用開口部とが同一ステンシルマスク上に形成されている請求項5記載の荷電粒子ビーム露光装置。

【請求項7】 前記補助露光用開口部が前記ブランキングアパーチャアレイを囲んで複数個形成されている請求項6記載の荷電粒子ビーム露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は荷電粒子ビーム露光方法

に関し、特に近接効果を補正した荷電粒子ビーム露光方法に関する。

【0002】 近年、産業全般にわたる技術進歩の核技術としての役割が期待されているICは、2～3年で約4倍の高集積化を達成している。たとえば、DRAMでは、1M、4M、16M、64M、256M、1Gとその集積化が進んでいる。

【0003】 このような高集積化はひとえに微細加工技術の進歩によっている。光技術は、0.5 μ mの微細加工が可能になるように進歩が続けている。しかし、光技術の限界は約0.3 μ m程度にある。また、コンタクトホールの開けや下層のパターンとの位置合わせ等において、精度を確保することが次第に困難になりつつある。

【0004】 電子ビーム露光においては、0.1 μ m以下の微細加工が、0.05 μ m以下の位置合わせ精度で実現できる。また、近年、本発明者らによるブロック露光やブランキングアパーチャアレイ方式の露光により、1cm²/1sec程度のスループットが期待できるようになった。

【0005】 すなわち、微細さ、位置合わせ精度、クイックターンアラウンド、信頼性、ソフトの向上による将来性のどれをとっても、電子ビーム露光は他のリソグラフィ技術と比較して卓越した利点がある。

【0006】

【従来の技術】 電子ビーム露光は、一般にポイントビーム、可変矩形ビーム、ブロックパターンビーム等を用いて行われる。いずれの場合にも、ウエハ上の所望の領域を露光するためには、電子ビームを偏向し、位置決めすることが必要である。

【0007】 図5を参照して、ブロック露光の可能な電子ビーム露光装置の説明を行なう。露光装置は、露光部10と制御部50とに大きく分けられる。露光部10は、電子ビームを発生し、スポット状もしくはパターン状に整形し、露光対象物の所望位置に露光する部分である。制御部50は、露光部10を制御する信号を形成する部分である。なお、露光部10の下には露光対象物Wを載置するステージ35がある。

【0008】 まず、露光部10について説明する。カソード電極11から発生した電子は、グリッド電極12およびアノード電極13によって引出される。これらの電極11、12、13が荷電粒子ビーム発生源14を構成する。

【0009】 荷電粒子ビーム発生源14から発生した電子ビームは、たとえば矩形状開口を有する第1のスリット15によって整形され、電子ビームを集束する第1の電子レンズ16を通過し、透過マスク20上のビーム照射位置を修正変更するためのスリットデフレクタ17に入射する。スリットデフレクタ17は、修正変更信号S1によって制御される。

【0010】電子ビームを所望のパターンに整形するために、矩形開口や所定パターンのブロックパターン開口等の複数の透過孔を有する透過マスク（ステンシルマスク）20を用いる。スリットデフレクタ17を通過した電子ビームは、対向して設けられた第2の電子レンズ18、第3の電子レンズ19、これらの電子レンズ間に水平方向に移動可能に装着された透過マスク20、透過マスク20の上および下に配置され、それぞれ位置情報P1～P4に応じて、電子ビームを偏向し、透過マスク20上の透過孔の1つを選択する第1～第4の偏向器（マスクデフレクタ）21～24を含む電子ビーム整形部を通して所望パターンに整形される。

【0011】整形された電子ビームは、ブランキング信号SBを印加されるブランキング電極25によって遮断、もしくは通過される。ブランキング電極25を通過した電子ビームは、第4の電子レンズ26、アパーチャ27、リフォーカスコイル28、第5の電子レンズ29によって調整され、ダイナミックフォーカスコイル30に入射する。ダイナミックフォーカスコイル30は、電子ビームを露光対象面上にフォーカスさせる機能を有する。また、スティグコイル31は、非点収差を修正する。

【0012】電子ビームは、さらに第6の電子レンズ32、露光位置決定信号S2、S3に応じて露光対象物W上の位置決めを行なうメインデフレクタ33、および静電偏向器であるサブデフレクタ34によってその位置を制御され、露光対象物W上の所望位置に照射される。

【0013】なお、露光対象物Wは、XY方向に移動可能なステージ35に載置され、移動される。また、露光部10には、さらに第1～第4のアラインメントコイル36、37、38、39が設けられている。

【0014】制御部50は、メモリ51、CPU52を有する。集積回路装置の設計データは、メモリ51に記憶され、CPU52によって読み出され、処理される。CPU52は、その他荷電粒子ビーム露光装置全体を制御する。

【0015】インターフェイス53は、CPU52によって取り込まれた描画情報、たとえばパターンを描画すべきウエハW上の描画位置情報、および透過マスク20のマスク情報等の各種情報等を転送する。データメモリ54は、インターフェイス53から転送された描画パターン情報およびマスク情報を記憶保持する。

【0016】パターン制御コントローラ55は、データメモリ54から描画パターン情報およびマスク情報を受け、それらに従って透過マスクの透過孔の1つを指定し、その指定透過孔の透過マスク上での位置を示す位置信号P1～P4を発生すると共に、描画すべきパターン形状と指定透過孔形状との形状差に応じた補正值Hを演算する処理を含む各種処理を行なう指定手段、保持手段、演算手段および出力手段を有する。

【0017】デジタル・アナログ変換器機能および増幅器機能を有するアンプ部56は、補正值Hを受け、修正偏向信号S1を生成する。マスク移動機構57は、パターン制御コントローラ55からの信号に従い、必要に応じて透過マスク20を移動させる。

【0018】ブランキング制御回路58は、パターン制御コントローラ55からの信号に応じて、デジタル・アナログ変換器機能、および増幅器機能を有するアンプ部59を制御し、ブランキング信号SBを発生させる。

【0019】シーケンスコントローラ60は、インターフェイス53から描画位置情報を受け、描画処理シーケンスを制御する。ステージ移動機構61は、シーケンスコントローラ60からの信号に応じて、必要に応じてステージ35を移動させる。

【0020】このステージ35の移動は、レーザ干渉計62によって検出され、偏向制御回路63に供給される。偏向制御回路63は、ウエハW上の露光位置を演算し、露光位置決定信号S2、S3を発生するアンプ部64、65に信号を供給すると共に、シーケンスコントローラ60にも信号を供給する。なお、アンプ部64、65は、それぞれデジタル・アナログ変換器機能、および増幅器機能を有する。

【0021】通常の電子ビーム露光においては、電磁偏向器であるメインデフレクタ33によって2～10mm口の偏向フィールドをビーム偏向し、静電偏向器であるサブデフレクタ34によって、100μm口程度のサブフィールドを偏向する。

【0022】パターンデータは、CPU52によってメモリ51から読み出され、データメモリ54に転送され、ここに蓄積される。データメモリ54から読み出されたパターンデータによって、パターン制御コントローラ55はパターンを各ショットごとに分解する。

【0023】各ショットに分解されたパターンデータは、メインデフレクタ33用のデータ、サブデフレクタ34用のデータ、スリットデフレクタ17用のデータ、ブランキング信号SB等に分離され、電子ビームを偏向制御する。このようにして可変矩形ビーム露光やブロックパターン露光が行なわれる。

【0024】ところで、半導体ウエハ等の対象物上に形成されたレジスト層に荷電粒子が注入され、レジストが露光される。レジストに入射した荷電粒子は、進行しつつ多重散乱を受ける。

【0025】シリコン基板上にレジスト層を形成し、荷電粒子ビーム露光を行なう場合、レジスト層に入射した荷電粒子はレジスト層内で進行しつつ前方散乱を受け、レジスト層からシリコン基板内にまで進行する。多重散乱によって基板から戻り、レジスト層に再入射した荷電粒子は、さらにレジスト層内で散乱を受け、後方散乱を形成する。

【0026】このような前方散乱と後方散乱により、所

望の露光パターンの周囲に散乱による付随パターンが形成される。露光すべきパターンが密集していると、各パターンからの散乱による付随パターンが重なり合い、露光強度が現像の閾値を越えてしまう。

【0027】この結果、所望のパターンサイズよりも大きなパターンが描画されるという現象が起こる。この現象は、パターンが密集している場合により顕著に表れるので近接効果と呼ばれる。

【0028】図6は、近接効果を説明する図である。図6(A)は、シリコン基板71の上にPMMAで形成されたレジスト層72を配置し、上方より電子を照射したときの電子の飛跡を示すグラフである。図6(A)の左側の図は、10kVの加速エネルギーで電子を照射した場合の飛跡を示し、図6(A)の右側の図は加速エネルギーを20kVにした場合の電子の飛跡を示す。

【0029】それぞれ電子100個の飛跡をモンテカルロ法によるシミュレーションによって求めたものである。グラフの横軸はレジスト層2の電子照射位置からの距離をミクロンで表し、縦軸はレジスト層2表面からの深さをミクロンで示す。

【0030】図から明らかなように、レジスト層2に照射された電子は、前方散乱および後方散乱によって加速エネルギーが10kVの場合、約2 μ mの範囲に広がり、加速エネルギーが20kVの場合には約4 μ m以上にまで広がっている。実際観察される近接効果は、3~5 μ m程度の幅を持つ。

【0031】図6(B)は、このような電子ビーム露光によって生じる露光強度の分布を概略的に示すグラフである。露光パターンP1、P2、P3の部分において、露光強度が高く、さらにその周辺に前方散乱、後方散乱によるテール部分、T1、T2、T3が形成されている。テール部分Tの強度は、パターンの面積に依存し、パターンが広ければ高く、パターンが狭ければ低い。

【0032】荷電粒子ビームの加速エネルギーが一定であれば、散乱によるテールパターンTの広がりほぼ一定である。各パターンPから周辺に広がるテールTは、パターンからの距離が大きくなるにしたがってその強度が低くなる。

【0033】ところで、図に示すパターンP1とP2の間のテール部分T1とT2は互いに重なっており、レジストに与える影響はその和となる。したがって、パターンが密集している部分においては、各部分からのテール部分が重なり、現像閾値を越えてしまうこともある。

【0034】図6(C)は、前方散乱、後方散乱によるテール部分の重なりによって生じる近接効果を概略的に説明する図である。図6(C)左側に示すように、平行な矩形型のパターンP5とP6を露光する場合、所望のパターンに合わせて設計パターンを作成し、設計パターンにしたがって荷電粒子ビーム露光を行なうと、露光後のパターンは右側に示すパターンP5a、P6aのように

なってしまう。

【0035】すなわち、パターンP5、P6の間の間隙の中央部においては、パターン各部分からのテール部分の重なりが強く、パターン幅が設計値よりも広がってしまう。このように、近接効果が生じると所望形状のパターンが得られなくなってしまう。

【0036】近接効果を予め補正して設計どおりの形状のパターンを得るための手法を近接効果補正という。図7は、従来の技術による近接効果の補正方法を説明するための図である。

【0037】図7(A)は、近接効果の補正が行なわれず、図形間で近接効果が生じてしまう場合を概略的に示す。矩形パターンP5とP6を露光しようとした場合、図7(A)右側に示すように中央部でパターンが広がり、広がったパターンP5aとP6aとが中央部P7において接続してしまっている。このような近接効果を補正するための方法を以下に説明する。

【0038】図7(B)は、荷電粒子ビームの照射強度を変更することにより、近接効果を補正する方法を示す。パターンP5とP6を露光する場合、パターン内の全面積を同一強度で露光すると、図7(A)に示すように近接効果が発生してしまう。

【0039】そこで、他のパターンに近接している部分においては荷電粒子ビームの照射強度を低減することにより、近接効果を補正する。たとえば、図に示すようにパターンP5およびP6の対向辺の中央部にサンプル点Xをとり、これらのサンプル点において周囲のパターンが及ぼす散乱を含めた荷電粒子ビーム照射量を算出し、所望の照射量になるように近接部P8およびP9の照射量を調整する。

【0040】近接部P8およびP9の荷電粒子ビーム照射量を低減することにより、パターン間の領域P7における荷電粒子ビーム散乱量が低減し、近接効果を補正することができる。

【0041】図7(C)は、他の近接効果補正方法である図形削除法を説明するための図である。パターンP5およびP6を設計通り露光すると、各パターンが設計値以上に大きくなり、図7(A)に示すような近接効果が生じてしまう。そこで、予めパターンを設計値以下に減少し、露光後のパターンが散乱を含めて所望の値になるように調整する。

【0042】たとえば、パターンP5およびP6の対向辺の中央部にサンプル点Xをとり、これらの点における散乱を含めた荷電粒子ビーム照射量を算出し、所望のパターンサイズになるように対向辺の近接領域P10およびP11を贊助する。この結果、近接効果で太くなったパターンが所望の幅のパターンP5およびP6を形成するようになる。

【0043】しかし、図形削除法、照射強度変更法共に存在する全てのパターン毎に補正を行なうので、補正処

理に要する時間がパターンの増大につれて急速に増大する。また、両補正方法共、パターン毎に代表点を設定し、それらの点における露光強度値を基に補正を行なうため、代表点の数が少ないと間接効果によるパターンの歪みが補正しきれない。代表点の数を増やすと、処理時間の増大を招く。

【0044】さらに、マスク上に作成した複雑な繰り返しパターンを一括転写するブロック露光法については、パターン毎に補正を行なう図形削除方法や照射強度変更方法は實際上、実施するのに極めて困難である。

【0045】図7(D)は、他の近接効果補正方法であるゴースト露光法を示す。ゴースト露光法は、露光パターンを形成するための主パターンと、主パターンの白黒反転パターンである補助露光パターンを用いる。補助露光は通常主パターンを露光する実露光の30~50%程度の強度で行なう。

【0046】主パターンを所望の露光強度で露光した後、主パターンの露光により付随的に形成される散乱パターンの強度に対応した強度で補助露光パターンの露光を行なう。このような重ね露光を行なえば、主パターン以外について全面でほぼ均一な露光が行なわれ、現像レベルを調整することにより、主パターンのみを現像することが可能になる。

【0047】本発明者らは、多数の開口をそれぞれ独立に制御しつつ露光を行なうブランキングアパーチャレイ露光方式を提案した。図8に、ブランキングアパーチャレイを概略的に示す。図8(A)は、ブランキングアパーチャレイの概略平面図を示す。遮光性基板80内に多数の開口81が形成されている。

【0048】たとえば、図中最上段に示す行LA1には、開口81が64個並べられ、次の行LB1には千鳥状にずれた位置に64個の開口81が並べられている。また、2列の開口列LA1とLB1を合わせて1組とした時、図中縦方向には8組の開口列が配置されている。

【0049】なお、マスク上のパターンは試料面上において1/500に縮小される。マスク上においては、各開口81は、25 μ m口の大きさを有し、横方向に50 μ mピッチで並べられ、縦方向ピッチは100 μ mに設定されている。ただし、縦方向に関しては100 μ mピッチの中間に千鳥状にずれた他の1行の開口列が配置される。

【0050】ブランキングアパーチャレイ全体としては、図中横方向に約3200 μ m、図中縦方向に約800 μ mの寸法となる。なお、25 μ m口の開口は、対象物上では0.05 μ m口の大きさとなる。

【0051】このようなブランキングアパーチャレイを図中縦方向に移動させつつ、開口81を通して荷電粒子ビームを照射すれば、1組の開口列LA1、LB1によって対象物上の全面積を露光できる。8組の開口列によれば全面を8重に多重露光することができる。

【0052】各開口81には、対向する2辺に沿って電極82a、82bが形成されており、これらの電極82a、82bに印加する電圧によって開口81を通過する電子ビームを対象物外の領域に偏向させることができる。

【0053】すなわち、電極82a、82bは開口81を通過する電子ビームに対してシャッタの役目を果たすことができる。開口81およびその両側辺に形成された電極82a、82bによって1つのブランキングアパーチャBAが形成される。

【0054】上述の構成においては、128 \times 8個のブランキングアパーチャBAが形成される。縦方向に見ると、8個のブランキングアパーチャBAが同一横位置に配置されるため、対象物上の同一位置を8重に露光することができる。

【0055】図8(B)は、図8(A)に示すようなブランキングアパーチャレイを用いて試料面上に露光を行なう場合の露光方式を説明するグラフである。図8

(B)において、横軸は時間をnsecで示し、縦軸は試料面上の距離を μ mで示す。

【0056】ブランキングアパーチャレイに対して、試料は0.5 μ m/50nsecで等速度に移動しているものとする。LA1で示した曲線は、図8(A)に示す列LA1に属する1つのブランキングアパーチャBAの露光対象を示す。

【0057】5nsecまでの時間に、試料面上の基準位置から0.05 μ mまでの位置を露光し、5nsecから10nsecまでの時間に、試料面上の0.05 μ mから0.1 μ mの間の領域を露光する。

【0058】このようにして、5nsec毎に順次ブランキングアパーチャの下に露出される領域を露光することにより、試料面上に1列の露光ストライプを形成することができる。

【0059】ところで、図8(A)において、試料が上方から下方に移動しているとした場合、試料面上の同一縦位置が、10nsec後には千鳥状にずれた他のブランキングアパーチャの下に現れる。

【0060】たとえば、1列のブランキングアパーチャ列LA1で露光できる面積は、0.05 μ m幅ピッチ0.1 μ mの領域であり、露光後形成されるのは等ピッチのラインアンドスペースである。

【0061】全面塗りつぶしを行なうためには、ブランキングアパーチャ列LA1と相補的に配置された次段のブランキングアパーチャ列LB1で露光する必要がある。この2段目のブランキングアパーチャ列LB1の下に現れる領域を破線LB1で示した。

【0062】20nsec後には、時刻0で第1列目のブランキングアパーチャ列LA1下に露出された領域が第3列目のブランキングアパーチャ列LA2下に露出される。同様に、40nsec、60nsec、…にも、

10

20

30

40

50

同一位置が引き続く位置に配置されたブランキングアパーチャBA下に露出される。それぞれの時点において露光を行なうことにより、同一位置が多重露光される。

【0063】このような多重露光によれば、同一対象領域の露光が、たとえば8段に分割される。電流のオン/オフの単位が小さくなり、全体としても電子ビームが徐々に増大し、徐々に減少することになる。すなわち、露光電流の急激な変化が防止され、クーロン相互作用を補償するためのリフォーカスが容易になる。

【0064】図9は、ブランキングアパーチャアレイによる露光を説明するための概略図である。なお、簡単なため、対象とするパターンが1回露光のみによって露光される場合を説明する。多重露光の場合には、同様の露光を繰り返せばよい。

【0065】図9(A)に示すように、ブランキングアパーチャBA1~BA5が2列に亘って千鳥状に配置されているとする。露光すべきパターンは図9(B)に示すような図形であるとする。すなわち、対象物の上に図9(B)に示すような領域を露光することを考える。ここで、対象物は図9(A)に示すブランキングアパーチャの上方から下方に向かって移動するとする。

【0066】まず、図9(C)に示すように、ブランキングアパーチャBA1とBA2の下に露光すべき領域の下端が到達する。ここで、ブランキングアパーチャBA1とBA2をオンとし、対応する領域を露光する。

【0067】次のタイミングにおいては、図9(D)に示すように、上段の3つのブランキングアパーチャBA1、BA2、BA3の下に露光すべき領域が現れる。そこでこれらの領域を露光する。

【0068】次のタイミングにおいては、図9(E)に示すように上段のブランキングアパーチャBA1、BA2の下に露光すべき領域が現れる。そこで、これらの領域を露光する。

【0069】なお、この時、ブランキングアパーチャBA1、BA2に隣接する領域に露光すべき領域が配置されるが、これらに対応する領域にはブランキングアパーチャが存在しないため、露光は行なわれない。

【0070】このようにして、ブランキングアパーチャBAの下を対象となる試料が下方に順次移動するのにしたがい、ブランキングアパーチャ下に露出される領域が選択的に露光される。

【0071】図9(F)で3つの領域が露光された後、図9(G)に進むと図9(E)で露光されなかった2つの領域がブランキングアパーチャBA4、BA5の下に配置される。そこでこの段階において、これらの領域はブランキングアパーチャBA4、BA5によって露光される。

【0072】すなわち、5列のパターンのうち1、3、5列は図9(A)の上段に示すブランキングアパーチャBA1、BA2、BA3を用いて露光され、第2列、第

4列に対応する領域は、タイミングをずらしてブランキングアパーチャBA4、BA5によって露光される。

【0073】このようにして、図9(H)、(I)、(J)と順次対象物が移動するにつれ、露光できる領域が露光され、図9(B)に示すパターンが形成される。このように、ブランキングアパーチャアレイによれば、任意の図形を露光することができる。

【0074】なお、ブランキングアパーチャアレイはブロック露光と対立するものではなく、両立するものである。すなわち、ステンシルマスク上にブロックパターンとブランキングアパーチャアレイとを共に設け、出現頻度の多いパターンはブロック露光によって露光し、出現頻度の少ないパターンはブランキングアパーチャアレイによって露光すればよい。

【0075】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したように、ブランキングアパーチャアレイによれば、試料上の所定領域に荷電粒子ビームを照射しつつ、ブランキングアパーチャ各々を制御することにより、任意のパターンを露光することができる。

【0076】しかしながら、荷電粒子ビーム露光においては、近接効果を補正するための補助露光が必要である。ところで、ブランキングアパーチャアレイ露光を行なう場合、補助露光を実行する方式は未だ確立していない。

【0077】本発明の目的は、ブランキングアパーチャアレイ方式のような、複数の荷電粒子ビームを独立にオン/オフ制御して対象面上にパターンを露光する露光技術において、近接効果を補正することのできる技術を提供することである。

【0078】

【課題を解決するための手段】本発明の荷電粒子ビーム露光方法は、各々がオン/オフ制御可能な多数の開口部を有し、所定方向に移動させた時、対象面上の任意の点を複数回荷電粒子ビームで照射できるように前記多数の開口部が配置されたブランキングアパーチャアレイ(BAA)と、前記ブランキングアパーチャアレイ(BAA)近傍に配置され、前記多数の開口部の各々より著しく大きい開口面積を有し、それ自身はオン/オフ制御機能を有さない補助露光用開口部(GEA)とを有する荷電粒子ビーム露光装置を用いる荷電粒子ビーム露光方法であって、露光情報にしたがって、ブランキングアパーチャアレイの多数の開口部を独立にオン/オフ制御して対象面上に荷電粒子ビームを照射して所望パターンの露光を行なう実露光工程と、補助露光用開口部を用いて単一の荷電粒子ビームを整形し、前記実露光における散乱荷電粒子強度の低い領域に実露光より強度の弱い露光を焦点をぼかした状態で行なう補助露光工程とを含む。

【0079】

【作用】複数の荷電粒子ビームを独立にオン/オフ制御

することにより対象面上に所望のパターンを露光することができる。しかし、このままでは近接効果が生じてしまう。ところで、近接効果補正用の補助露光は高い分解能を必要としない。

【0080】そこで、単一の荷電粒子ビームを整形し、所望パターンを露光するための実露光よりも強度の弱い補助露光を散乱荷電粒子強度の低い領域に行なえば、近接効果を補正するための補助露光を行なうことができる。

【0081】

【実施例】図1に、本発明の基本実施例による荷電粒子ビーム露光方法を示す。図1(A)は、所望のパターンを露光するための実露光を概略的に示す。所望のパターンを露光する実露光は、多数のブランキングアパーチャBAを有するブランキングアパーチャアレイBAAを用いて行なう。

【0082】たとえば、ブランキングアパーチャアレイBAAはx方向に128、y方向に8のブランキングアパーチャBAを含み、対象物上を相対的にy方向に移動させつつ、8重露光を行なう。各ブランキングアパーチャBAは、独立に制御され、選択された位置に複数の荷電粒子ビームを照射する。

【0083】このように、複数の荷電粒子ビームを独立にオン/オフ制御することにより、対象面上に任意のパターンを露光することができる。図1(B)は、補助露光を説明するための概略図である。ブランキングアパーチャアレイBAAと同等程度の面積を有する補助露光アパーチャGEAがブランキングアパーチャアレイBAAの近傍に設けられている。この補助露光アパーチャGEAに、電子ビームEBを照射し、その断面積を適当に整形した後、対象物上に照射する。

【0084】このような可変形状露光方法によれば、細かいパターンを露光するには露光回数が増大し、露光時間が長くなるが、近接効果補正のための補助露光は高い分解能を必要としないため、実露光における各単位露光領域と比較し、著しく広い領域を一度に露光しつつ、補助露光を行なうことにより、速やかに近接効果補正を行なうことができる。

【0085】なお、図1(A)に示すような実露光を行なうためのブランキングアパーチャアレイBAAと、図1(B)に示すように補助露光を行なうための補助露光アパーチャGEAとを同一ステンシルマスク上に近接して配置することにより、実露光と補助露光とを連続して行なうこともできる。

【0086】図1(C)は、実露光と補助露光とがどのように行なわれるかを示す。横軸は時間を示し、縦軸は荷電粒子ビームの焦点状態であるフォーカスを示す。実露光5aを行なっている間、荷電粒子ビームのフォーカスは合っており、次に補助露光6aを行なう際にはフォーカスは外れている。再び実露光5bを行なうときには

フォーカスは合わせられ、続いて補助露光6bを行なうときにはフォーカスは外される。

【0087】このように、実露光をフォーカスが合った状態で行ない、補助露光をフォーカスが外れた状態で行なう。なお、実露光と補助露光の時間がほぼ等しいように図示したが、實際上、補助露光の時間はもっと短くなる。

【0088】図2は、本発明のより具体的な実施例による電子ビーム露光装置の構成を示すブロック図である。

10 電子ビーム露光装置の露光系10は、マスクデフレクタ21、ステンシルマスク20、ブランキング電極25、アパーチャ27、リフォーカスコイル28、電子レンズ29を含む。

【0089】なお、この露光系10は、基本的に図5で説明した露光系と同等である。ステンシルマスク20上には、ブランキングアパーチャアレイBAAと、補助露光アパーチャGEAが形成されている。

【0090】電子ビームはマスクデフレクタ21、22を介してステンシルマスク20上の所望領域に照射され、ステンシルマスク20の開口によって整形されてブランキング電極25に入射する。ブランキング電極25は所望の期間入射する電子ビームをブランキングする。

【0091】ブランキング電極25を通過した電子ビームはアパーチャ27に入射し、不要部分を遮蔽されてリフォーカスコイル28に入射し、リフォーカスが実行された後、電子レンズ29に入射する。マスクデフレクタ21、22、ブランキング電極25、リフォーカスコイル28は、CPU52によって制御系80を介して制御される。

30 【0092】たとえば、ビームを補助露光用の開口に偏向した場合、その偏向情報によって予め決められた補助露光の露光量を設定し、リフォーカスに流す電流を変えてビームがぼけた状態に自動的にセットされる。

【0093】まず、ステンシルマスク20上のブランキングアパーチャアレイBAAを用いて所望パターンの露光を行なう場合を説明する。所望パターンを露光する実露光においては、ブランキングアパーチャアレイBAAの各ブランキングアパーチャBAに遅延回路Dを介してパターンデータが供給される。すなわち、ブランキングアパーチャアレイの8列の開口には、同一データがタイミングをずらせて供給される。

【0094】パターンデータを高速で遅延回路Dに供給するため、遅延回路Dには2組のシフトレジスタSR1、SR2が接続されている。一方のシフトレジスタを使用している間、他方のシフトレジスタはデータの準備を行なえる。これら2組のシフトレジスタSR1、SR2には、たとえば16組のスクローラS1、S2、…S16が接続され、シフトレジスタSR1、SR2に交互に1組のデータを供給する事ができる。

50 【0095】各スクローラSは、基本的にはシフトレジ

スタ1と同様の構成を有する回路である。スクローラSにパターンデータを供給するために、各スクローラにそれぞれ4組のパターンデータ展開装置PDとSRAM等のメモリSMとの組み合わせが接続されている。すなわち、パターンデータ展開装置PDとスタティックRAMの組み合わせは全部で $4 \times 16 = 64$ 組設けられている。

【0096】各パターンデータ展開装置PDは、データメモリからパターンデータを受け取り、露光すべき1単位のパターンデータを作成し、SRAMで形成されたメモリSMにパターンデータを蓄積する。4組のメモリSM1～SM4は、交互に対応するスクローラSにパターンデータを供給する。

【0097】ブランキングアパーチャレイBAAが図8で示したように、 128×8 のブランキングアパーチャを有するものである場合、ブランキングアパーチャレイBAAに供給するパターンデータは $128 \times n$ を単位とするものとなる。ここで、nはパターンデータの単位ストリップ領域の長さを規定する数であり、たとえば2000である。

【0098】図3は、このような 128×2000 のパターンデータを高速に伝達することのできるスクローラの構成例を示す。図3(A)はスクローラの回路構成を示すブロック図である。 128 個のパターンデータIN0～IN127を並列に受け、直列に2000収容することのできるスクローラは、 128×2000 のシフトレジスタsrを図示のように接続したものである。

【0099】すなわち、2000個のシフトレジスタsrの直列接続が並列に128組配置されている。128個の入力信号IN0～IN127を並列に受け、128個の出力信号EX0～EX127を並列に供給することができる。

【0100】図3(B)は、各シフトレジスタsrの構成例を示す回路図である。トランジスタTr1の出力信号は、トランジスタTrAで形成されたゲートを介して2段目のトランジスタTr2のゲート電極に印加される。

【0101】たとえば、トランジスタTr1のゲート電圧がハイであれば、トランジスタTr1の出力はローとなり、ゲートTrAが開いた時、この信号を受けたトランジスタTr2はオフとなり、その出力はハイとなる。このように、2つのトランジスタTr1、Tr2によって1段のシフトレジスタが形成される。なお、トランジスタTr1、Tr2の出力信号は、それぞれゲートTrA、TrBによって出力側に選択的に伝えられる。

【0102】ここで、ブランキングアパーチャレイによる露光を実用速度で行なうための動作例を簡単に説明する。1つの電子ビームの寸法が $0.05 \mu\text{m}$ 口であるとして、 $1 \text{ cm}^2 / \text{sec}$ で露光を行なう場合を考える。 1 cm^2 の面積の中には、 $0.05 \mu\text{m}$ 口のビーム

が 4×10^{10} 個含まれることになる。1秒間に 4×10^{10} の露光を行なうために、ビームの数はたとえば 128×8 本を用いる。

【0103】試料を載置するステージは、Y方向に約 50 mm/sec で進行するとし、メインデフレクタにより電子ビームは全体としてX方向に $2 \text{ mm}/2 \text{ nsec}$ で移動できる。

【0104】サブデフレクタは、Y方向に $100 \mu\text{m}$ の移動を $5 \mu\text{sec}$ に5回行なう。このとき、走査速度としては $100 \mu\text{m}/5 \mu\text{sec}$ であり、 $1 \mu\text{m}$ 当たりの走査に必要な時間は 50 nsec となる。この値は、ビーム1つ当たりの長さである $0.05 \mu\text{m}$ に対して、 5 nsec の長さとなり、1ショットを 2.5 nsec で処理する必要がある。

【0105】ビームの進行方向にブランキングアパーチャレイが八重に配置された前述の構成の場合、1つの点を露光するのに8ショットが行なわれる。同一位置に対して露光が完了するまでには8ショット、すなわち 20 nsec の時間がかかる。したがって、電子ビーム強度に対してリフォーカスをかける場合、リフォーカスに必要な時間は 2.5 nsec ではなく、 20 nsec となる。

【0106】露光すべき面積が $0.5 \text{ cm}^2 / \text{sec}$ の場合は、ステージ移動速度を半分にすることができ、サブデフレクタは前述と同一の面積を露光するのに $5 \mu\text{sec}$ の2倍の $10 \mu\text{sec}$ を使用することができるようになる。この場合、1ショットに必要な時間も2倍の $5 \mu\text{sec}$ となる。図2、図3に示した構成によれば、このような高速度の露光を行なうことが可能となる。

【0107】補助露光は、図2に示す電子ビーム露光装置の制御系80をCPU52が制御し、ステンシルマスク20上の補助露光アパーチャGEAを用いて行なわれる。図4は、実露光に続いて行なわれる補助露光を説明する。この補助露光は一定の実露光単位毎に行い、実露光と補助露光を交互に行なう。図4(A)は、電子ビーム露光装置におけるステンシルマスク20の部分拡大して示す。ステンシルマスク20には、多数の開口部を備えたブランキングアパーチャレイBAAが形成されており、その近傍に補助露光を行なうための補助露光アパーチャGEAも形成されている。

【0108】図4(A)においては、ブランキングアパーチャレイBAAと等しい面積を有する1つの補助露光アパーチャGEAを例示する。スリットデフレクタ17から入射する電子ビームが、補助露光アパーチャGEAと同一寸法を有し、補助露光アパーチャGEA全面に入射したときには、GEAと等しい断面積を有する電子ビームが対象物上に照射される。電子ビームを照射する時間を制御することにより、パターンを露光する主露光に対し、補助露光の強度を30～50%程度に制御する。

【0109】補助露光を行なうときにも、単一寸法の矩形ビームのみでは精度が粗くなる。そのような場合は、電子ビームEBを図4（A）破線で示すように補助露光アパーチャGEAの中心からずらすことにより、補助露光アパーチャGEAを透過する電子ビームの断面積を任意に減少することができる。

【0110】補助露光を行なうための開口は、種々の形態で実現することができる。図4（B）は、図4（A）に示したようにブランキングアパーチャアレイBAAの近傍に、ブランキングアパーチャアレイBAAの形状と同一形状の1つの補助露光用アパーチャGEAを形成した場合を概略的に示す。

【0111】図4（C）は、ブランキングアパーチャアレイBAAの4辺に近接して補助露光アパーチャGEA1～GEA4を形成した場合を示す。このように、複数の補助露光アパーチャを形成し、その形状、方向を変化させることにより、露光したパターンの形状に合わせてより効果的な補助露光を行なうことが可能となる。

【0112】図4（D）は、さらに別の変形を示す。ブランキングアパーチャアレイBAAの4つの辺に近接して、ブランキングアパーチャアレイBAA側に尖った三角形状の補助露光アパーチャGEA5～GEA8が形成されている。

【0113】補助露光に要求される露光強度は、実露光のパターン密度が高いところほど低く、実露光が行なわれなかった領域ほど高い。したがって、一定面積の領域を実露光した場合、その周辺における望ましい補助露光強度は実露光に近い部分で低く、実露光から離れるにしたがって高くなる。

【0114】図4（D）に示したような三角形状の開口を有する補助露光アパーチャGEAを用いると、このような露光強度の変化を容易に実現することができる。したがって、複数回の露光を行なわなくても、露光強度の変化を実現できるため、補助露光に必要な時間を短縮することができる。

【0115】なお、補助露光を行なうためのマスク開口の形状は、図示のものに限らない。種々の寸法の矩形や三角形やその他の形状の補助露光開口を用いてもよい。このように、ブランキングアパーチャを用いた実露光と、可変断面ビームを用いた補助露光とを組み合わせることにより、任意のパターンを高精度に露光することが可能となる。

【0116】以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。たとえば、

種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【0117】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、複数の荷電粒子ビームを露光情報にしたがって独立にオン／オフ制御して露光を行なう方式においても、近接効果補正を効率的に行なうことができる。

【0118】パターンを細分化すると共に複数のビームを用いることにより、任意のパターンを高速で露光でき、かつ近接効果補正を行なうことにより、精度の高い露光が行なえる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本実施例を示す概略平面図、グラフである。

【図2】本発明の実施例による電子ビーム露光装置のブロック図である。

【図3】図2の構成において用いるスクローラの構成を示す概略平面図および回路図である。

【図4】本発明の実施例による補助露光を説明するための図である。

【図5】電子ビーム露光装置の典型的構成を示すブロック図である。

【図6】近接効果を説明するための概念図である。

【図7】近接効果の補正を説明するための概念図である。

【図8】ブランキングアパーチャアレイを説明するための概略平面図およびグラフである。

【図9】ブランキングアパーチャアレイによる露光を説明するための概略平面図である。

【符号の説明】

1 シフトレジスタ

2 反転回路

3 露光対象領域

4 単位ストリップ領域

5 実露光

6 反転ぼかし露光

8 ブランキングアパーチャアレイ

10 露光系

D 遅延回路

S スクローラ

SM SRAM

PD パターンデータ展開装置

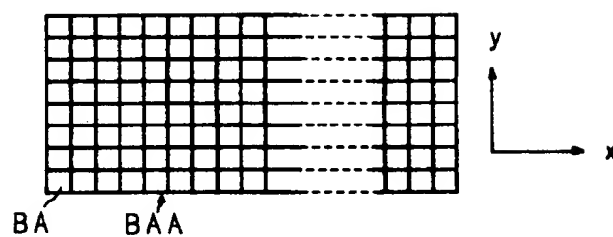
BA ブランキングアパーチャ

BAA ブランキングアパーチャアレイ

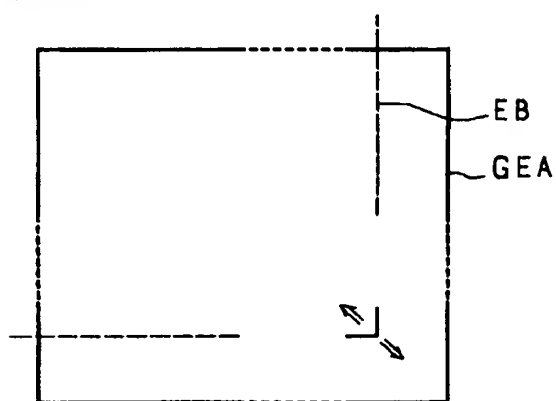
【図1】

実施例

(A) 実露光

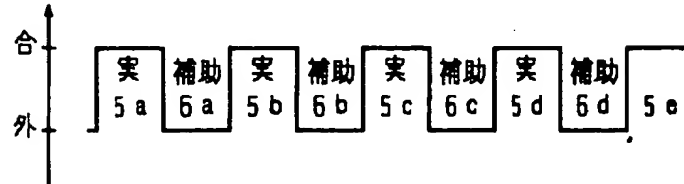


(B) 補助露光

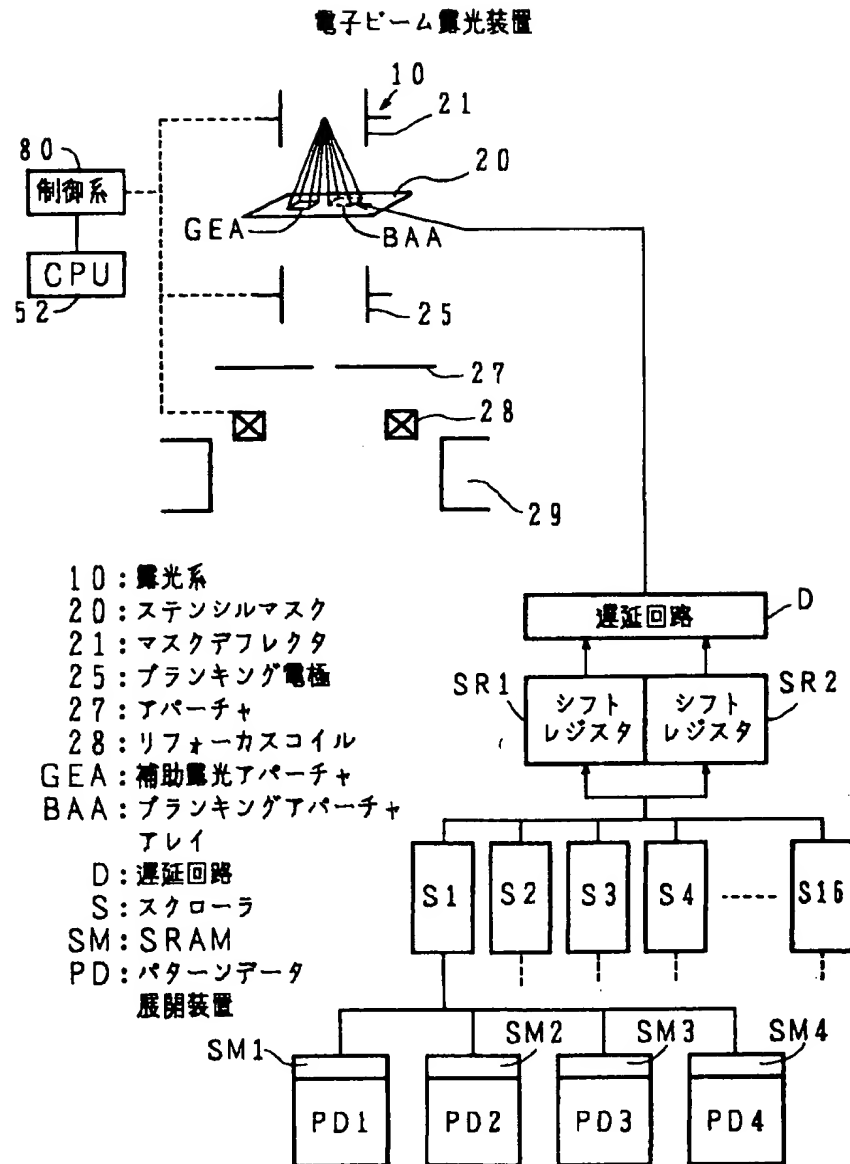


(C)

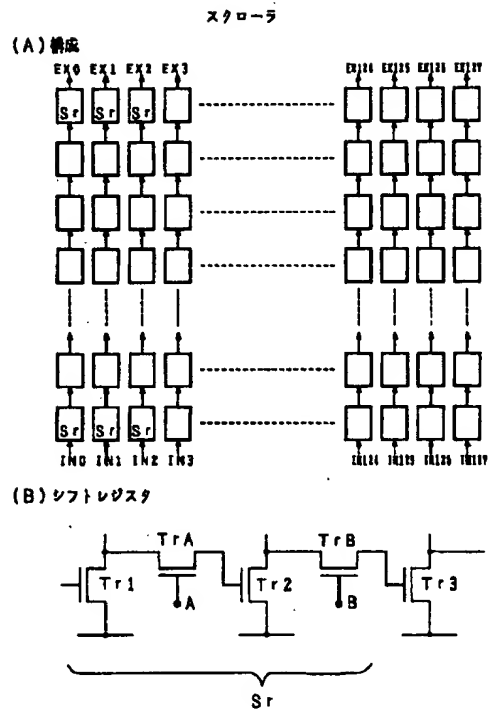
フォーカス



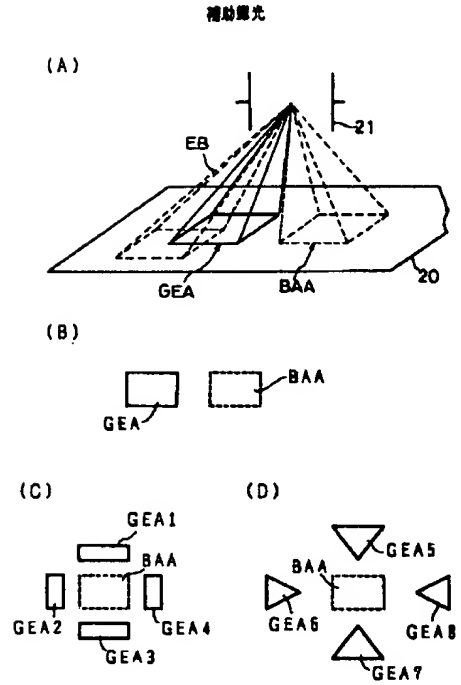
【図2】



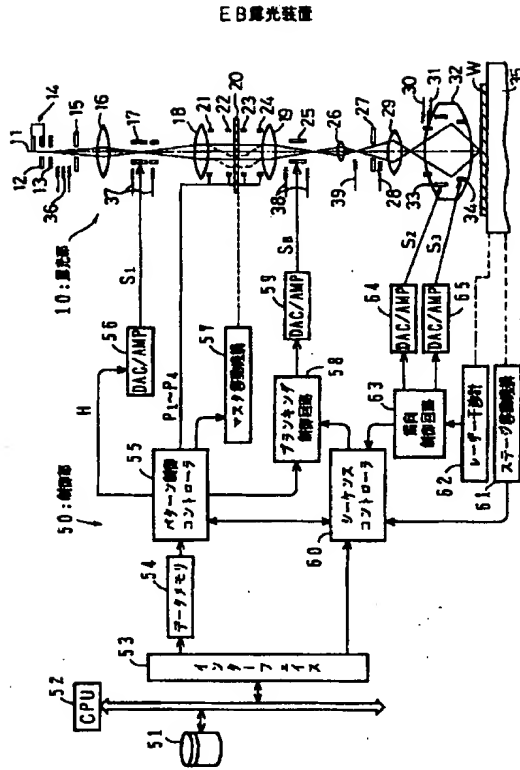
【図3】



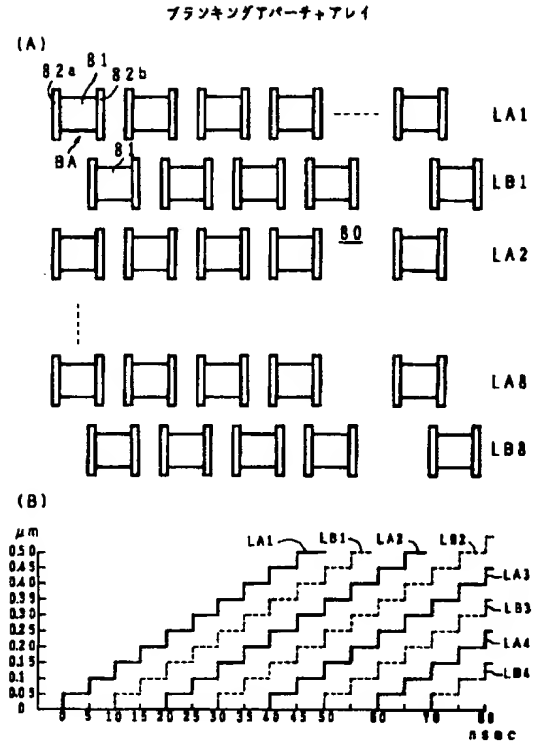
【図4】



【図5】



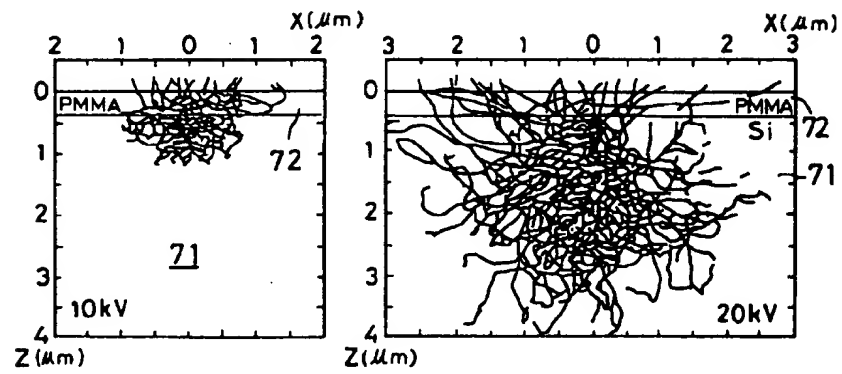
【図8】



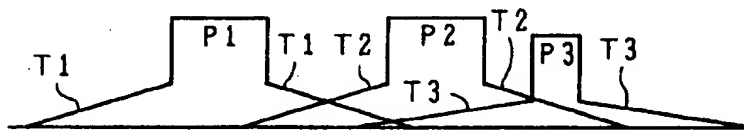
【図6】

近接効果

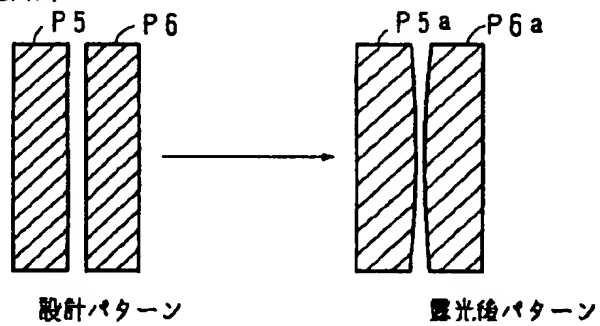
(A) 電子の飛跡 (電子100個のシミュレーション)



(B) 散乱の重なり合い



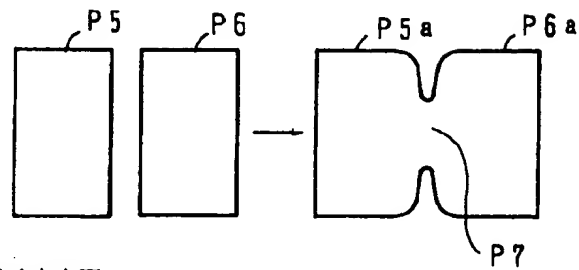
(C) 近接効果



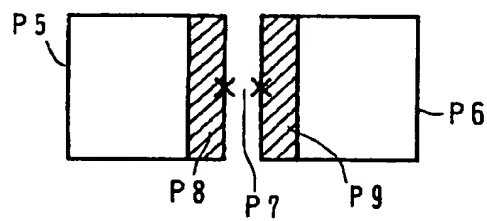
【図7】

近接効果の補正（従来技術）

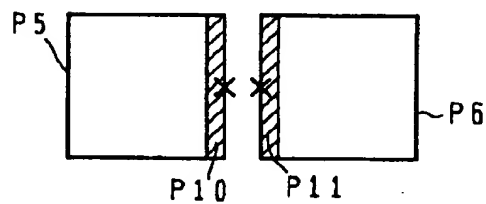
(A) 図形間近接効果



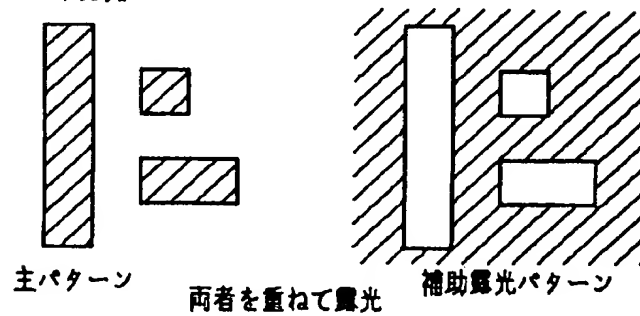
(B) 照射強度変更



(C) 図形削除



(D) ゴースト露光



【図9】

